

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем

Отчет №7

по дисциплине «Аппаратное обеспечение информационно-измерительных систем»

Выполнил:
студент гр. 5132703/20101

<подпись>

Басалгин А.Д.

Руководитель:
ассистент

<подпись>

Кравченко В. В.

«__» _____ 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

1. Задание

Цели работы:

- закрепить понятия и вопросы, относящиеся к математическому описанию САР в форме Коши и векторно-матричной форме;
- освоить методику преобразования моделей САР, заданных системой алгебро-дифференциальных уравнений, в векторно-матричные модели;
- освоить методику и процедуры моделирования САР в среде SimInTech с использованием блока *Переменные состояния*.

Порядок выполнения индивидуального задания. На основе заданного варианта САР подготовьте математическую модель системы в пространстве состояний и по аналогии с демонстрационным примером выполните моделирование и исследование заданной системы (определите условия существования устойчивых процессов регулирования и их показатели качества).

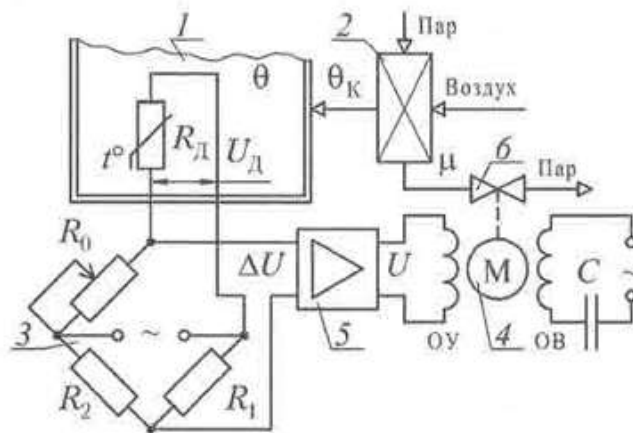


Рис. Б.1. Схема САР температуры в помещении

- объект регулирования – $T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = \theta_K + kf$;
- датчик – $U_d = k_1\theta$;
- сравнивающий орган – $\Delta U = U_0 - U_d$;
- магнитный усилитель – $T_4 \frac{dU}{dt} + U = k_4\Delta U$;
- двигатель совместно с клапаном – $T_2 \frac{d^2\mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_2U$;
- калорифер – $T_3 \frac{d\theta_K}{dt} + \theta_K = k_3\mu$,

где T_0, T_2, T_3, T_4 – постоянные времени, с;

θ – значение температуры воздуха в помещении, °С;

θ_K – значение температуры воздуха на выходе калорифера, °С;

k, k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты передачи;

f – возмущающее воздействие на объект регулирования, °С;

U_d – падение напряжения на термодатчике, В;

ΔU – напряжение на выходе мостовой схемы (сигнал рассогласования), В;

U_0 – задающий сигнал, В;

U – напряжение на выходе магнитного усилителя, В;

μ – линейное перемещение клапана, см.

Исходные уравнения САР температуры в помещении

$$T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = \theta_k + kf,$$

$$T_4 \frac{du}{dt} + u = k_4(U_0 - k_1\theta),$$

$$T_2 \frac{d^2\mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_2\mu,$$

$$T_3 \frac{d\theta_k}{dt} + \theta_k = k_3\mu,$$

$$\mu = x_3, \quad \frac{d\mu}{dt} = x_4$$

Вектор состояния

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \theta \\ U \\ \mu \\ \dot{\mu} \\ \theta_k \end{pmatrix}$$

Уравнения в форме Коши:

$$\dot{x}_1 = -\frac{1}{T_0}x_1 + \frac{1}{T_0}x_5 + \frac{k_0 f}{T_0}$$

$$\dot{x}_5 = -\frac{k_4 k_1}{T_4}x_1 - \frac{1}{T_4}x_2 + \frac{k_4}{T_4}u_2$$

$$\dot{x}_3 = x_4$$

$$\dot{x}_4 = \frac{k_2}{T_2}x_2 - \frac{1}{T_2}x_4$$

$$\dot{x}_5 = \frac{k_3}{T_3}x_3 - \frac{1}{T_3}x_5$$

Введем $u_1 = 1$

$$u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ U_0 \end{pmatrix}.$$

Пространство состояний

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{D}\mathbf{u}$$

Матрицы A, B, C, D

$$A_{5 \times 5} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_0} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{T_0} \\ -\frac{k_4 k_1}{T_4} & -\frac{1}{T_4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \frac{k_2}{T_2} & 0 & -\frac{1}{T_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{k_3}{T_3} & 0 & -\frac{1}{T_3} \end{pmatrix}$$

$$B_{5 \times 2} = \begin{pmatrix} \frac{k_0 f}{T_0} & 0 \\ 0 & \frac{k_4}{T_4} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Регулируемой величиной является температура внутри помещения θ (x_1), она будет единственным выходом.

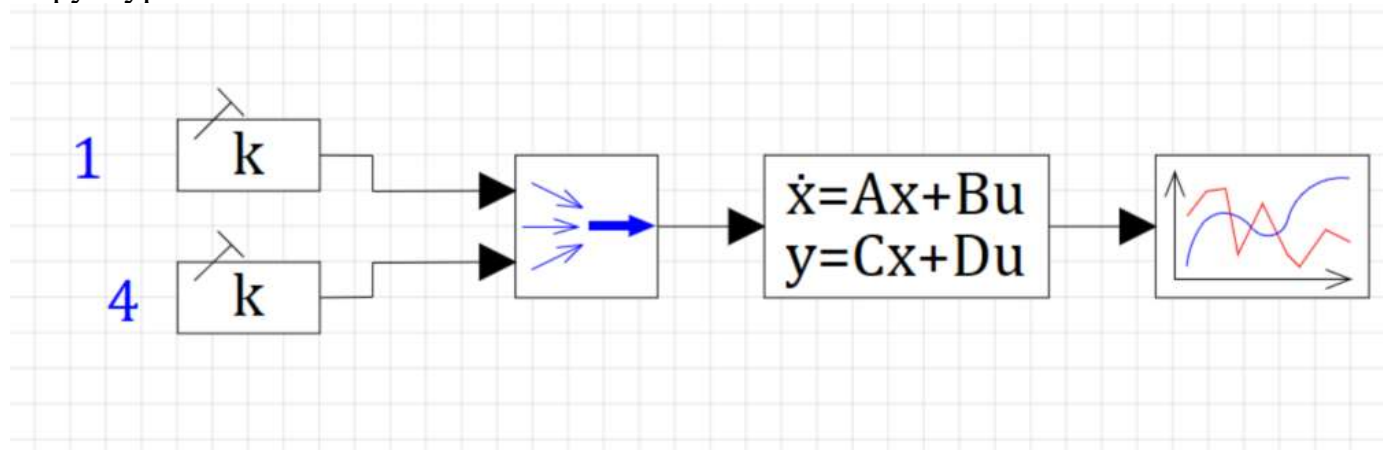
$$C_{1 \times 5} = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0), \ D = (0)$$

Вариант 1.1:

Таблица Б.1. Значения параметров элементов САР

Вариант	$T_0, \text{с}$	$T_2, \text{с}$	$T_3, \text{с}$	$T_4, \text{с}$	k	$k_1, \text{В/}^\circ\text{C}$	$k_2, \text{см/(В}\cdot\text{с)}$	$k_3, \text{}^\circ\text{C/см}$	k_4	$f, \text{}^\circ\text{C}$
1	1000	0,060	20	0,5	0,2	0,2	0,002	10	2	-11

Структурная схема:



Скрипт:

```

1  const
   T_0 = 1000, T_2 = 0.060, T_3 = 20, T_4 = 0.5,
   k_0 = 0.2, k_1 = 0.2, k_2 = 0.002, k_3 = 10, k_4 = 2, f = -11;
   n = 5;

5
   A = [[-1/T_0, 0, 0, 0, 1/T_0];
        [-k_4*k_1/T_4, -1/T_4, 0, 0, 0];
        [0, 0, 0, 1, 0];
        [0, k_2/T_2, 0, -1/T_2, 0];
10      [0, 0, k_3/T_3, 0, -1/T_3]];

   B = ([[k_0*f/T_0, 0];
        [0, k_4/T_4];
        [0, 0];
        [0, 0];
        [0, 0]]);

   C = [[1, 0, 0, 0, 0]];

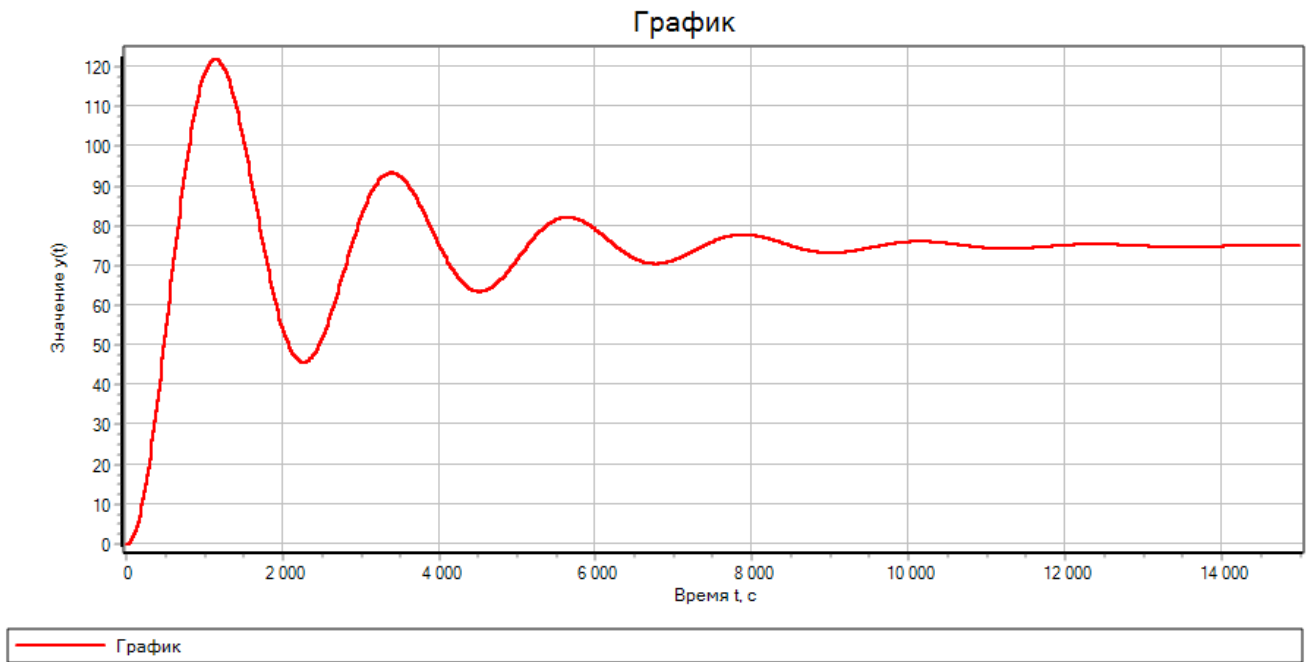
20  x0 = [[0, 0, 0, 0, 0]];

```

Параметры блока «Переменные состояния»:

Свойства : States_dyn6			
Свойства Параметры Общие Порты Визуальные слои			
Название	Имя	Формула	Значение ▲
Число выходов	ус		1
Число входных воздействий	ис		2
Число переменных состояния	хс	n	5
Начальные условия (Nx)	y0	x0	[0 , 0 , 0 , 0 , 0]
Матрица A(Nx*Nx)	A	transp(A)	[[-0.001 , -0.8 , 0 , 0 , 0]...
Матрица B(Nu*Nx)	B	transp(B)	[[-0.0022 , 0 , 0 , 0 , 0];[...
Матрица D(Nu*Ny)	D		[[0];[0]]
Матрица C(Nx*Ny)	C	transp(C)	[[1];[0];[0];[0];[0]]

График при $u_0=15$

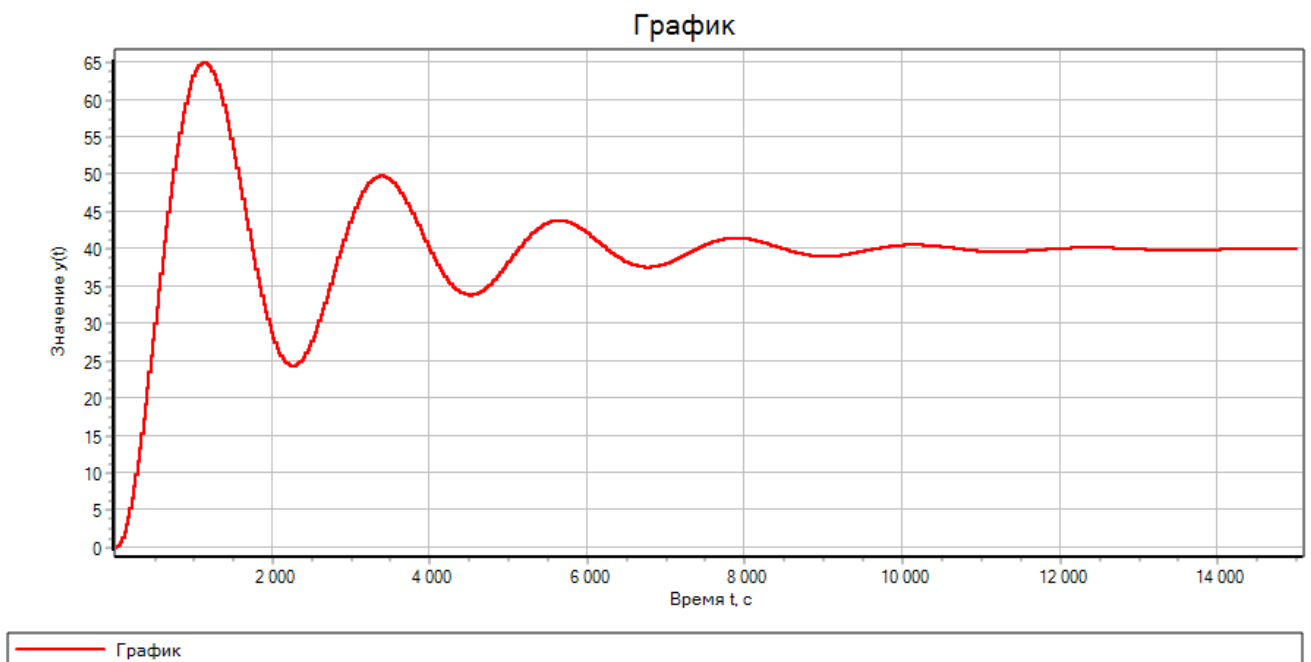


$$y(+\infty) = 75$$

$$t_{\text{пп}} = 4915 \text{ c}$$

$$y_{\text{co}} = y(+\infty) - y(t_{\text{пп}}) = 6.05$$

График при $u_0=8$

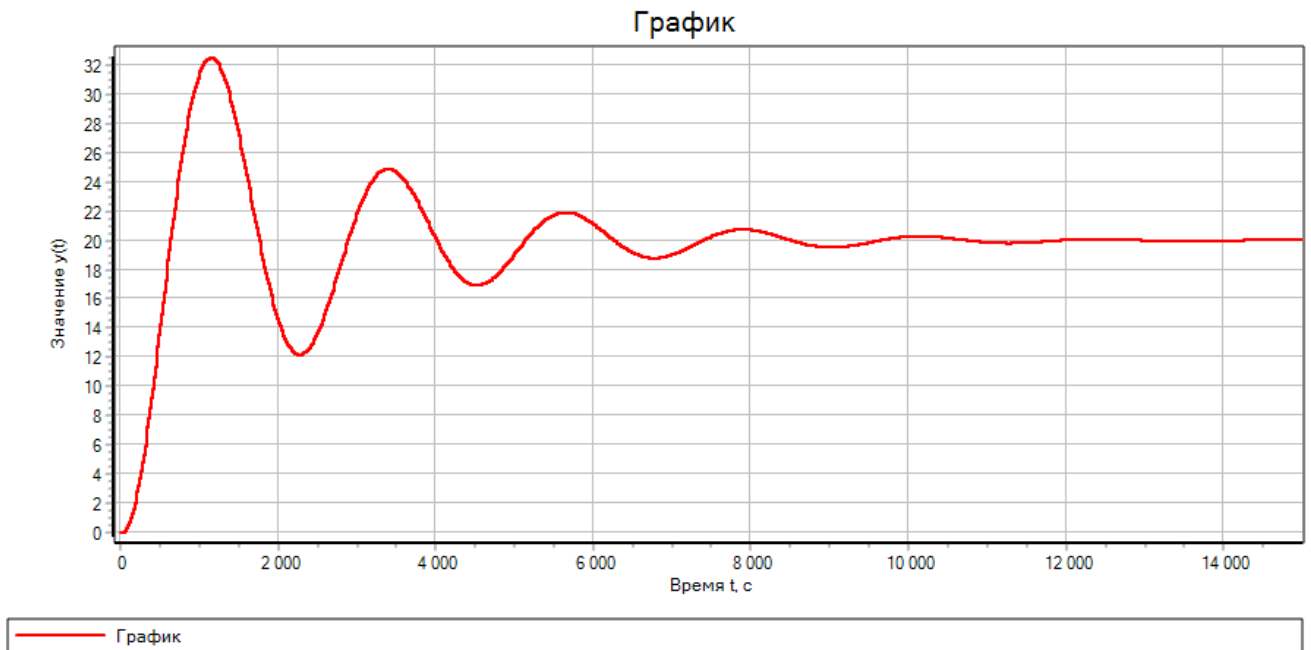


$$y(+\infty) = 40.5$$

$$t_{\text{пп}} = 5725 \text{ c}$$

$$y_{\text{co}} = y(+\infty) - y(t_{\text{пп}}) = 3.25$$

График при $u_0=3.95$



$$y(+\infty) = 20.26$$

$$t_{\text{пп}} = 5714 \text{ c}$$

$$y_{\text{co}} = y(+\infty) - y(t_{\text{пп}}) = 1.62$$

Система устойчива при любом значении U_0 . установившееся значение температуры попадает в заданный диапазон 20 ± 1 °C при U_0 от 3.75 до 4.15 В.

Наилучшие показатели переходного процесса достигаются при $U_0 = 3.95$ В.

2. Вывод

В ходе лабораторной работы были закреплены понятия и вопросы, относящиеся к математическому описанию САР в форме Коши и векторно-матричной форме, освоена методика преобразования моделей САР, заданных системой алгебро-дифференциальных уравнений, в векторно-матричные модели, освоена методика и процедуры моделирования САР в среде SimInTech с использованием блока Переменные состояния. Была получена устойчивая модель САР температуры в помещении.